定電流アンプ
出力80W
重さ3.8kg
ライン・オペレート電源
OPTの並列使用

山崎 浩

6550プッシュプル・パワー・アンプの製作

本誌2010年9月号においてライン・オペレートで小形軽量化した6550プッシュプル定電流アンプを報告させていただきました．能率の低い小形スピーカを余裕たっぷりドライブしますが，出力40Wは諸先輩の製作例とくらべれば小さめです．80W（当初の目標は100W）にパワーアップした小形軽量ライン・オペレート6550定電流アンプを報告させていただきます．

出力100W級の真空管アンプをステレオにまとめると，電源トランスと出力トランスだけで合計30kgもの重量級になります．それゆえ，モノラル・アンプ2台に分けることが通常ですが，モノラル・アンプでさえ約20kgにもなります（ギックリ腰の不安を抱える私には重過ぎます）．9月号の6550プッシュプル定電流アンプと同様，電源トランスを用いないライン・オペレートで，小形軽量を維持しつつパワー・アップを図りました．改めて本アンプの特徴を以下に示します．

1. 5極管プッシュプル無帰還方式の大出力定電流アンプ
2. 出力段以外は半導体素子のハイブリッド・アンプ
3. 調整箇所が少ない完全平衡形
4. 電源はライン・オペレートで小形軽量化
5. 出力トランスの並列使用

増幅回路の構成

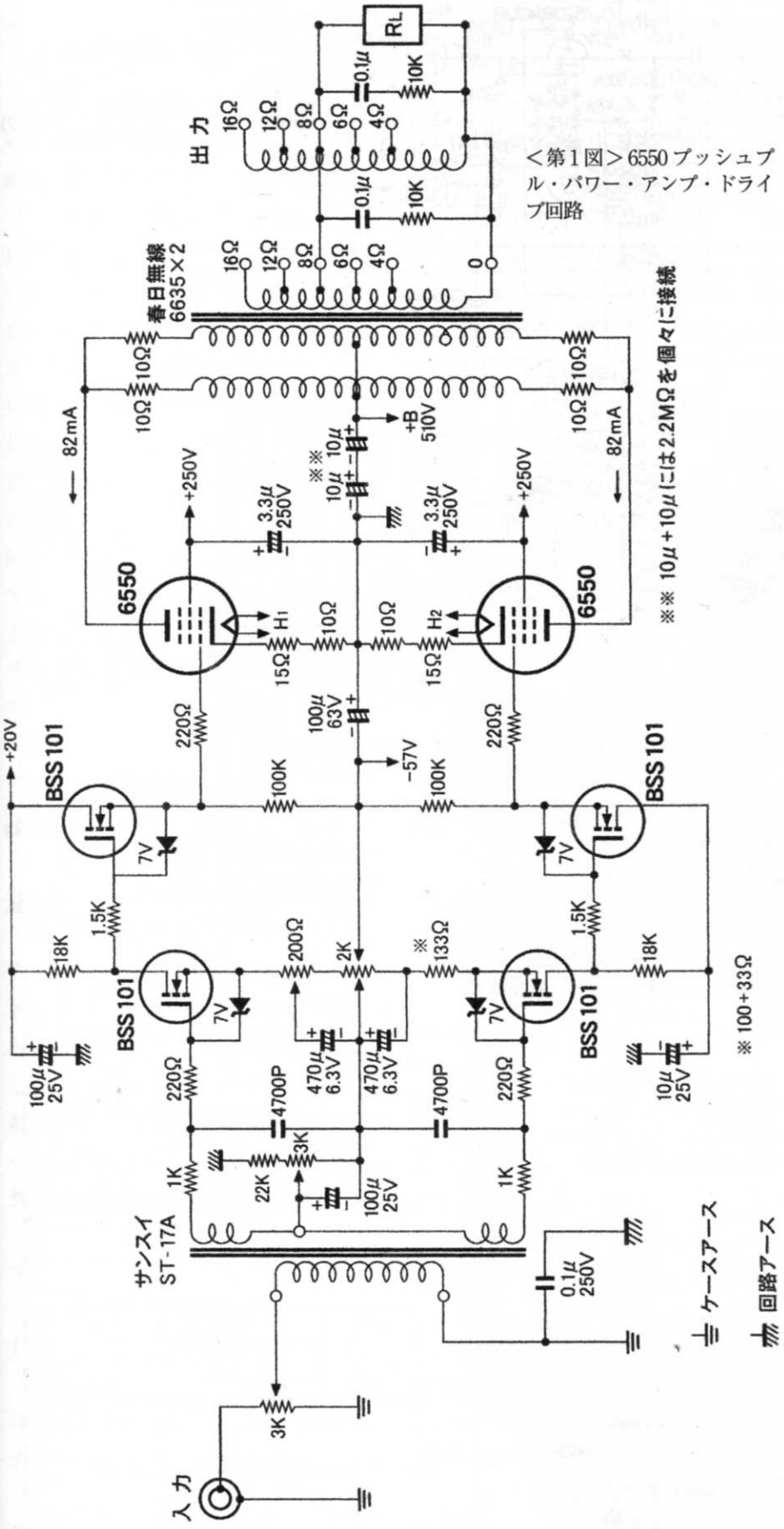
第1図に増幅回路を示します．出力インピーダンスが大きい5極管を無帰還で使用すれば定電流アンプになります．プッシュプル方式は低域で出力トランスのインピーダンスが低下するシングル方式に比べ，低域から高域まで定電流性を確保し易いメリットがあります．

9月号と同様，前段が小容量パワーMOS-FETによるハイブリッド・アンプです．

前段半導体素子の劣化がないハイブリッド・アンプは，大出力化を目指す真空管アンプには有効です．小形パワーMOS-FET BSS101（0.63W，TO-92パッケージ）[*1]のソース・フォロワが出力管6550を強力にドライブします．

完全平衡形の定義は明確ではありませんが，私は故武末数馬氏の「EL34（UL）完全PPステレオ・アンプの試作」（**第2図**，本誌1983年1～4月号）以後，アマチュアにも広がったように思います．通常のプッシュプルと比べ，入力トランスを具えることが自作におけるネックで，ひずみ率計による念入りな調整を必要とします．本アンプは前段と出力段を直結し，3kΩで出力段のアイドリング電流，2kΩでDCバランス，200ΩでACバランスを調整します．

無帰還の本アンプでは5極管のひ



＜第1図＞6550プッシュプル・パワー・アンプ・ドライブ回路

ずみの多さに対処するために，カソード抵抗で局部電流帰還します．直線性を改善する上で，局部電流帰還の効果はわずかですが[*2]，無帰還で最小ひずみ率0.1%を実現するには欠かせません．前段の半導体素子は電圧増幅管と同様，無帰還アンプにおける出力管とのひずみ打消しに有効です．なお，出力トランスの2次側または1次側から負帰還すると，負帰還量に応じて出力インピーダンスが低くなり，定電流性は失われます．

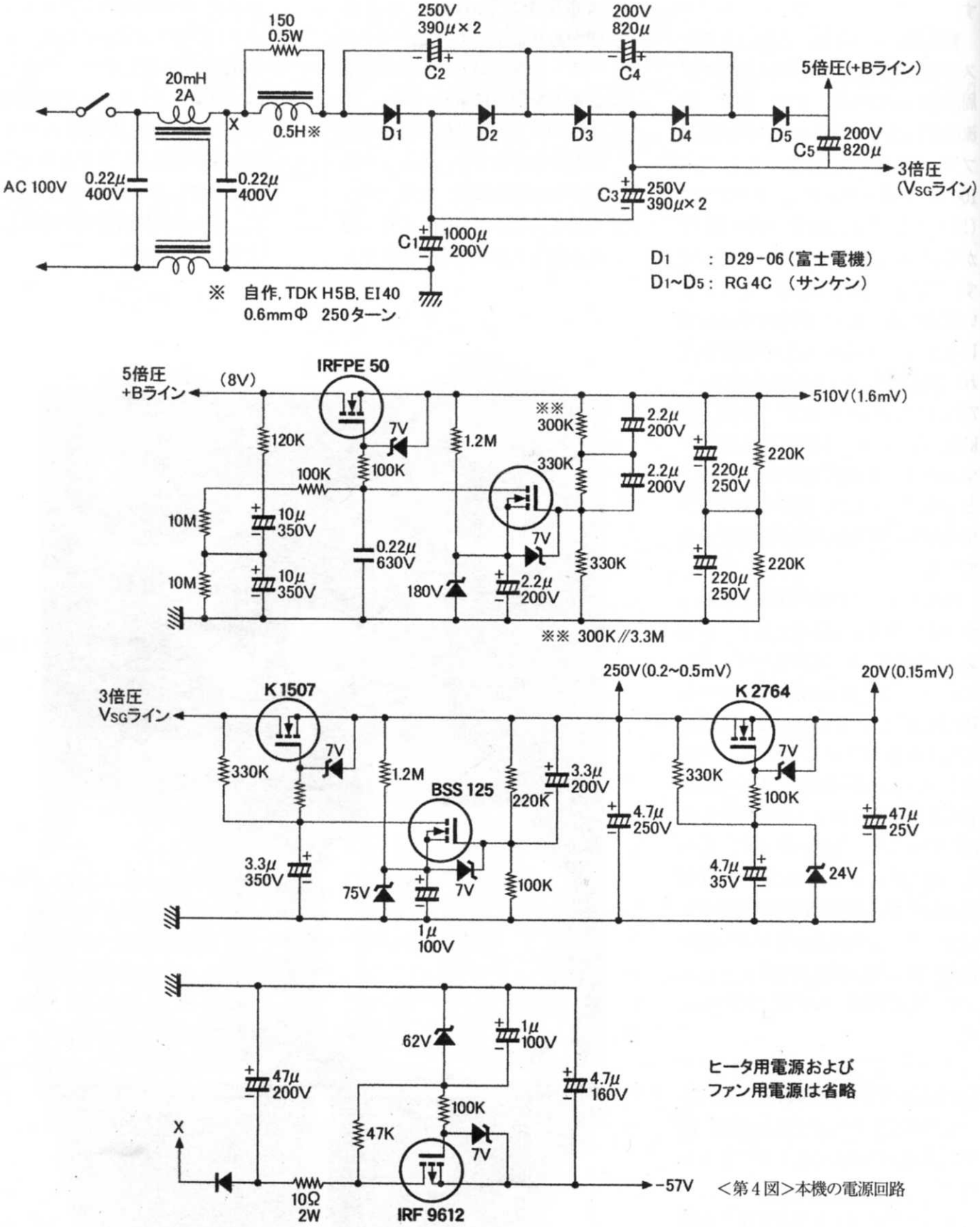
電源トランスがないライン・オペレートは，大出力アンプにおける大きさと重さを大幅に軽減します．特性面でも電信柱に乗る柱上トランス（6000 V：100，200 V）の2次巻線から直接電力を受け取るので，電源トランスのレギュレーションが存在しないことは有利です．ただし，ACラインに重畳するノイズに直接影響されるので，ノイズ・フィルターが必要です．また，信号側，負荷側のアースと本アンプのアースを絶縁するべきで，ライン・オペレートには，少なくとも入力トランスが不可欠です．

*1 シーメンス社は1.8 W以下を小信号用に分類しています．約40年前，私がアンプ設計を職務とした当時，パワーとは5 W以上の呼称であり，1 W程度のアンプはセミパワーと表現していました．

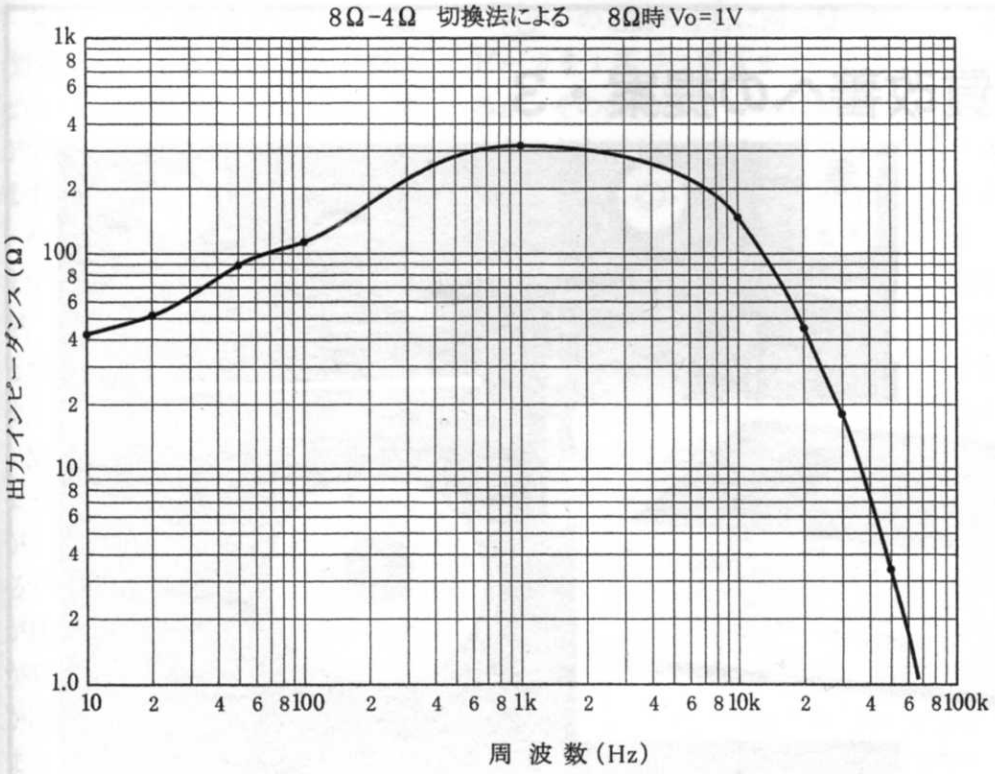
*2 2010年9月号，拙稿の図5を参照願います．

出力トランスの並列使用

本アンプの特徴の一つは，出力トランスの並列使用です．電力は電流の2乗に比例するので計算上は，2並列で出力は4倍，3並列で9倍が得られます．ただし，各々のトランスには等しい電流が流れていることが前提です．本アンプはパワー


150
0.5W
250V
390μ×2
200V
820μ
C2
C4
5倍圧(+Bライン)
20mH
2A
X
0.5H※
D1
D2
D3
D4
D5
C5
200V
820μ
AC 100V
0.22μ
400V
0.22μ
400V
C3
250V
390μ×2
3倍圧
(VSGライン)
C1
1000μ
200V
D1 : D29-06(富士電機)
D1~D5: RG4C (サンケン)
※ 自作, TDK H5B, EI40
0.6mmΦ 250ターン
5倍圧
+Bライン
(8V)
IRFPE 50
510V(1.6mV)
※※
300K
2.2μ
200V
120K
7V
1.2M
100K
100K
330K
2.2μ
200V
220μ
250V
220K
10M
10μ
350V
0.22μ
630V
7V
330K
10M
10μ
350V
180V
2.2μ
200V
220μ
250V
220K
※※ 300K//3.3M
3倍圧
VSGライン
K 1507
250V(0.2~0.5mV)
20V(0.15mV)
K 2764
7V
330K
1.2M
BSS 125
220K
3.3μ
200V
4.7μ
250V
330K
7V
100K
47μ
25V
3.3μ
350V
75V
7V
100K
4.7μ
35V
24V
1μ
100V
62V
1μ
100V
47μ
200V
4.7μ
160V
100K
X
47K
7V
10Ω
2W
IRF 9612
-57V
ヒータ用電源および
ファン用電源は省略

<第4図>本機の電源回路



<第8図>出力インピーダンス特性（1次側負荷抵抗2.5kΩ）

2.8Aで，6550の直列したヒータ（定格6.3V，1.6A）に対して十分余裕があります．BJTを制御素子とするリップル・フィルタおよびノイズ・フィルタを介してヒータを点火します[*4]．

[*4] 2010年9月号，拙稿の第8図を参照願います．

測定

ライン・オペレートは真空管アンプの小形軽量化に有効ですが，入力トランスは電源配線による磁界，ファン・モーターによる漏れ磁束に大きく影響されます[*5]．ひずみ率データはシャーシ内でハムが少なくなる場所に入力トランスを固定し測定しました．

第5図に電圧利得－周波数特性を示します．中域での電圧利得は29.8dB，－3dbの帯域幅は14.8Hz～27kHzとやや狭帯域ですが，前作の13.8Hz～27.4kHzと同じです．

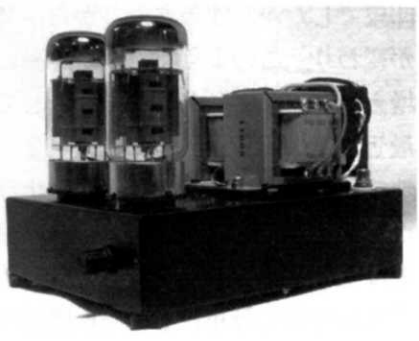
第6，7図にひずみ率特性を示します．無ひずみ最大出力は8Ω負荷に対し81Wで，目標の100Wには届きませんでした．電源電圧とアイドリング電流を5%程度大きくすれば，100Wも可能と思われますが，並列接続された春日無線トランス6635の電流偏差（**第3図**）から，80Wは妥当な値でしょう．ひずみ率は0.105%で入力トランスを用いた無帰還アンプ（前作は0.10%）としては，まあまあの特性です．100Hzのひずみ率が前作よりやや劣るのは出力トランスの1次側インダクタンスが小さいためでしょう．

ひずみ率からは負荷抵抗3.3kΩにおいて得られた最小ひずみ率0.1%（電圧利得31.2dB）は，5極管の無帰還アンプとしてはまあまあの性能ですが，最大出力および残留雑音の観点で負荷抵抗2.5kΩに及びません．

第8図に出力インピーダンス特性を示します．中域の約300Ωから低域高域に向かい20Hzで53Ω，20kHzで44Ωと低下します（前作は20Hzで130Ω，20kHzで110Ω）．全可聴周波数帯域で定電流出力とは言い難い特性です．

[*5] さらに，周辺機器の磁界による影響された場合，生ずるスピーカからのジー音は耳障りです．

反省

2010年9月号の前作の出力40Wから81Wにパワーアップした本アンプの音色は前作と全く同じではありませんが，定電流アンプ特有の鳴り方です．

このアンプの製作にあたり，私には最後の大出力アンプと気負って，過電圧保護回路（チャージポンプ・コンデンサC_4，C_5の耐圧が不足気味），定格一杯で使用する6550のアイドリング電流自動調整回路を組み込む予定でスタートしました．個々には動作するものの回路全体が複雑過ぎること，頻発した小さいトラブルを狭過ぎるシャーシ内で解決することに疲れ果てたあげく，組み込みを断念しました．なお，入力トランスが外部の磁界に影響され易いことは改善する必要があります．それでも，出力トランスの並列使用を確認できたこと，出力81Wの本アンプが3.8kgに仕上がったことに70%の満足です．